

■ Aufschlussreiches Infrarotlicht

Mit Autorefraktometern lässt sich die Sehleistung relativ genau ermitteln. Sie messen die lichtbrechende Wirkung des Auges ohne Zutun des Patienten.

Wer regelmäßig zum Augenarzt geht, kennt das Prozedere: Noch bevor man mit dem Arzt zusammentrifft, wird die Sehleistung des Auges maschinell geprüft. Dazu blickt der Patient in ein Autorefraktometer. In ihm sieht er ein Bild, das er fixieren soll. Anschließend steht dem Gang ins Sprechzimmer nichts mehr im Weg.

In einem Autorefraktometer befindet sich eine Infrarotlichtquelle, deren Strahlung ins Auge fällt (Abb. 1). An der Rückseite des Augapfels treffen die Strahlen auf die Netzhaut bzw. auf den Gelben Fleck, wo das menschliche Auge seine höchste Sehschärfe aufweist. Ein Teil des Infrarotlichts wird reflektiert und verlässt das Auge als divergentes Strahlenbündel. Eine Optik bildet dieses Licht als Lichtkreis auf einen Sensor ab. Die technische Umsetzung dieser Abbildung ist herstellerspezifisch, der Lichtkreis auf dem Sensor und seine Interpretation sind dagegen bei allen Autorefraktometern sehr ähnlich. In ihm sind alle Informationen über die Abbildungsleistung des vermessenen Auges enthalten.

Das normalsichtige entspannte Auge hat eine Brennweite von etwa



Durch den Blick ins Autorefraktometer lässt sich der Sehfehler eines Menschen bestimmen. Die Messung erfolgt mit Infrarotlicht und weitgehend automatisiert.

17 Millimeter, was rund 60 Dioptrien entspricht. Seine Brechkraft entsteht zu drei Viertel durch die Hornhaut und zu einem Viertel durch die Krümmung der Augenlinse. Doch von diesen Idealwerten weichen die Augen vieler Menschen ab, teils von Geburt an. Beim normalsichtigen Auge ist der Augapfel entlang seiner optischen Achse rund 24 Millimeter lang. Er kann jedoch auch länger (Kurzsichtigkeit) oder kürzer (Weitsichtigkeit) sein,

sodass das Bild eines Gegenstandes nicht genau auf die Netzhaut fällt. Zudem kann eine Weitsichtigkeit altersbedingt auftreten, weil das Auge die Linse nicht mehr ausreichend stark verformen kann. Hinzu kommt oft, dass Hornhaut und Augenlinse nicht exakt rotations-symmetrisch zur optischen Achse sind, was Astigmatismus zur Folge hat: Ein Punkt erscheint als mehr oder minder langer Strich. Häufig ist dann pauschal von „Hornhautverkrümmung“ die Rede.

Im Autorefraktometer lassen sich Astigmatismus, Kurz- und Weitsichtigkeit anhand des Lichtkreises auf dem Bildsensor quantitativ ermitteln (Abb. 1). Bei einem weitsichtigen Auge fällt der Radius des Lichtkreises nämlich größer aus als beim normalsichtigen Auge, während er beim kurzsichtigen Auge kleiner ist. Tritt Astigmatismus auf, wird der Kreis zu einer Ellipse.

Augenarzt und Optiker arbeiten mit den Begriffen Sphäre, Zylinder und Achse: Aus dem Radius des Lichtkreises leitet das Autorefraktometer die Sphäre ab, die angibt, welchen Radius eine Linse besitzen muss. Aus der Exzentrizität der Ellipse und der Lage ihrer Hauptachsen folgen die Angaben zu Zylinder und Achse. Da die Pupille abhängig

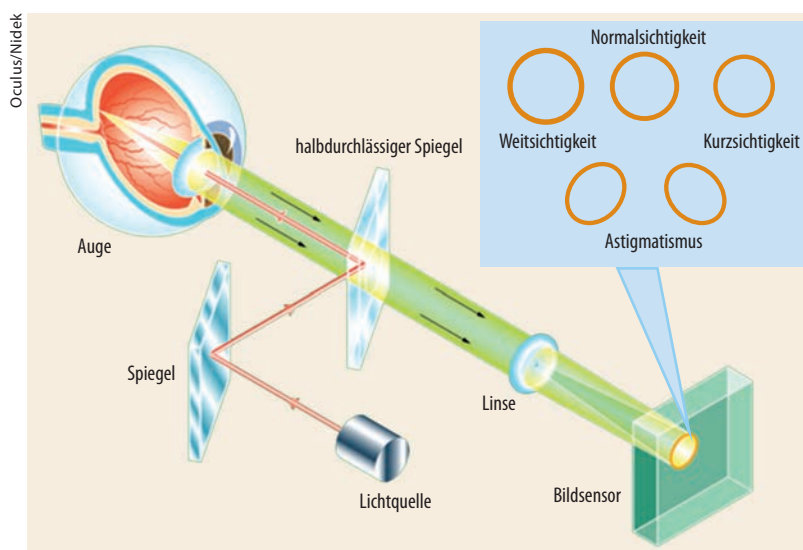


Abb. 1 Bei der Messung mit dem Autorefraktometer wird das Licht einer Infrarotlichtquelle an der Netzhaut reflektiert und von einer Optik auf einen Sensor fokussiert. Das vom normalsichtigen Auge

reflektierte Licht erzeugt auf dem Sensor einen Lichtkreis mit einem definierten Radius. Astigmatismus (Hornhautverkrümmung) äußert sich durch eine elliptische Verformung des Kreises.

von den Lichtverhältnissen ihren Durchmesser verändert, messen einige Autorefraktometer bei zwei verschiedenen Pupillengrößen. So lässt sich selbst eine reduzierte Sehschärfe im Dunkeln erkennen.

Für die Messungen am Autorefraktometer muss das Auge möglichst entspannt sein. Das ist es beim Blick in die Ferne. Dabei hilft eine zusätzliche Linse im Strahlengang, die einen kleinen positiven Dioptrienwert hat und dem Gehirn „sagt“, dass es das Auge auf einen fernen Gegenstand einstellen muss. Sie macht also jeden beim Blick auf das Bild zum Kurzsichtigen; das Autorefraktometer korrigiert diesen Wert bei der Ermittlung von Sphäre, Zylinder und Achse.

Letztlich ermittelt ein Autorefraktometer aber nur die objektive Refraktion – also die Kenndaten des Auges als optisches System, separat für jedes Auge. Weitgehend unberücksichtigt bleibt der Einfluss des Gehirns oder des beidäugigen Sehens. Daher unterscheidet man zwischen objektiver und subjektiver Refraktion. Letztere kann dazu führen, dass die verordneten Brillengläser oder Kontaktlinsen sich von den gemessenen Werten unterscheiden. So ist das Gehirn mancher Menschen darauf trainiert, eine leichte Fehlsichtigkeit auszugleichen. Ein Kurzsichtiger sieht dann die Buchstaben bei einer Leseprobe mit dem Glas höherer

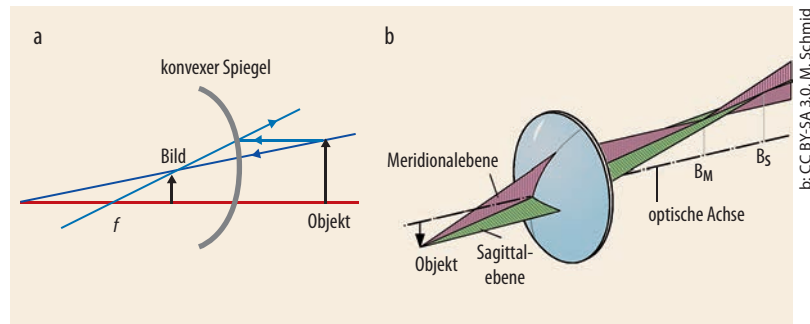


Abb. 2 Zur Ermittlung der passenden Radien von Kontaktlinsen lässt sich die Hornhaut als konvexer Spiegel auffassen (a). Aus dem virtuellen Bild eines reflektierten Objekts, sind dann für die beiden

Hauptschnitte der optischen Abbildung (b) die Radien der Hornhaut ableitbar.

Brechkraft kleiner, aber nicht schärfer als mit einem etwas schwächeren Glas. Das stärkere Glas kann er sogar als unangenehm empfinden, sodass hier die geringere Dioptrienzahl die bessere Wahl ist.

Richtig gekrümmt

Ein Autorefraktometer ist auch bei Kontaktlinsen hilfreich, da diese zur Form der Hornhaut passen müssen. Und die beiden Radien entlang der senkrecht zueinander stehenden meridionalen und sagittalen Hauptschnitte der optischen Abbildung lassen sich ebenfalls bestimmen (Abb. 2). Dazu projiziert das Gerät zwei Markierungsringe auf die Hornhaut. Die Messung funktioniert analog zur Reflexion an einem konvexen Spiegel. Im Autorefraktometer fungieren zwei unterschiedlich große Lichtringe als Objekt, und die Hornhaut – bzw.

der Tränenfilm, an dem die Reflexion stattfindet – dient als Spiegel. Aus dem virtuellen Bild der Lichtringe lassen sich die Krümmungsradien der Hornhaut in den beiden Hauptschnitten ableiten.

Je nach Ausstattung des Autorefraktometers lassen sich auch Messungen zum Kontrastsehen oder zur Blendempfindlichkeit durchführen. Überall ist ein Eye-Tracking erforderlich, weil das Auge nicht ausreichend lange bewegungslos bleibt. Refraktometer gibt es auch in chemischen Laboren, in der pharmazeutischen Qualitätskontrolle und bei der Prüfung von Edelsteinen. Selbst Bierbrauer und Winzer nutzen Handrefraktometer, um die Stammwürze des Bieres oder den Zuckergehalt des Weins zu ermitteln. Auch dabei bedarf es eines klaren Blicks.

Michael Vogel

Ich danke Daniela Baier von der Oculus Optikgeräte GmbH in Wetzlar und Chris van Wijk von der Canon Europe NV, Amstelveen (Niederlande), für hilfreiche Erläuterungen.



DER CALLISTER JETZT AUCH AUF DEUTSCH KANN'S

W. D. CALLISTER
D. G. RETHWISCH

Übersetzungsherausgeber:
M. Scheffler

**Materialwissenschaften
und Werkstofftechnik**
Eine Einführung

Der „Callister“ bietet für Hauptfachstudenten an Universitäten und Fachhochschulen den gesamten Stoff der Materialwissenschaften für den Bachelor und das beginnende Masterstudium.

Das Buch ist auch perfekt als Lehrbuch in Wahlpflichtvorlesungen für Nebenfachstudenten geeignet.

Wiley-VCH • Tel. +49 (0) 62 01-606-400 • E-Mail: service@wiley-vch.de
Irrtum und Preisänderungen vorbehalten. Stand der Daten: Dezember 2013

WILEY-VCH